

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

51

Int. Cl. 2:

G 1 27

G 02 B 5-00

H 01 S 3-02

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 36 908 A1

11

21

22

43

Offenlegungsschrift 24 36 908

Aktenzeichen: P 24 36 908.2

Anmeldetag: 31. 7. 74

Offenlegungstag: 20. 2. 75

30

Unionspriorität:

32 33 31

2. 8. 73 Japan 87348-73

54

Bezeichnung: Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung für Halbleiterlaser

71

Anmelder: Nippon Selfoc Co., Ltd., Tokio

74

Vertreter: Pätzold, H., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72

Erfinder: Kobayashi, Kohroh; Ueki, Atsufumi; Tokio

Recherchenantrag gem. § 28 a PatG ist gestellt

DT 24 36 908 A1

8 MÜNCHEN 71

HINDELANGSTR. 8 TELEFON 089/75 77 25
TELEGRAMMADRESSE: PATITIA MÜNCHEN

NIPPON SELFOC COMPANY, LTD.

33-1, Shiba Gochome, Minato-Ku

T o k i o / JAPAN

Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung für Halbleiterlaser

Die Erfindung betrifft eine Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung zur Strahlenbündelung von Laserstrahlen mit flachen Strahlenquerschnitten am Ausgang eines Halbleiterlasers in Laserstrahlen mit einem im wesentlichen kreisrunden Strahlenquerschnitt.

In jüngster Zeit gewinnen Laser-Nachrichtensysteme mit optischen Fasern auf Grund der beachtlichen Erfolge bei der Entwicklung von verlustarmen optischen Fasern und langlebigen Halbleiterlasern, die eine direkte Modulation eines Lichtstrahles ohne elektro-optische Kristalle erlauben, zunehmend rasch an Bedeutung. Um einen Ausgangslaserstrahl wirksam an eine optische Faser anschließen und den Strahl durch die Faser mit minimalen Verlusten hindurchleiten zu können, muß der Laserstrahl eine Lichtfleckgröße von der Eigenschwingungsart entsprechend der Fortpflanzungsschwingungsart des Strahles in der

509808/1011

DEUTSCHE BANK AG KONTO-NR. 58/22331 POSTSCHECK MÜNCHEN 145918-800

optischen Faser besitzen. In Gaslasern zum Beispiel kann der Ausgangsstrahl leicht an eine optische Faser gekuppelt werden, indem die Lichtfleckgröße durch ein Mikroskopobjektiv eingestellt wird, da der Laserstrahlquerschnitt im wesentlichen kreisförmig ist. Bei Halbleiterlasern ist es jedoch aus folgenden Gründen schwierig, den Ausgangslaserstrahl verlustarm an eine optische Faser anzuschließen. In einem Halbleiterlaser ist die aktive Zone in ihrer Stärke und Breite begrenzt, d.h. die Stärke beträgt 0,5 bis 1 Mikron und die Breite beträgt 10 bis 20 Mikron mit dem Ergebnis, daß der Querschnitt des Laserstrahles am Ausgangsende des Lasers eine flache Gestalt parallel zur p-n-Übergangszone aufweist. Der Laserstrahl divergiert daher beträchtlich am Ausgangsende des Halbleiterlasers. Zum Beispiel weist der Divergenzwinkel in der Ebene normal zur p-n-Übergangsebene, d.h. der Winkel bei dem die Ausgangslichtintensität die Hälfte ihres maximalen Wertes annimmt, die Größe von ± 15 bis 25° auf. Aus diesem Grunde war es bisher unmöglich, den Laserstrahl verlustlos an die optische Faser anzuschließen, unabhängig davon, wie dicht die optische Faser in Reihe an den Halbleiterlaser angeschlossen wurde. Bei einer solchen Kupplung war es unvermeidbar, daß Anteile des Laserstrahles von der optischen Faser nicht erfaßt werden, wodurch Strahlungsverluste entstanden. Da außerdem viele Übertragungsschwingungsarten beim Lichteinfall auf die optische Faser vorhanden sind, wird die Wellenform des Lichtstrahles bei einer Übertragung über längere Entfernungen gestört, wodurch eine wesentliche Zunahme der Übertragungskapazität vereitelt wird.

In älteren Vorschlägen wurden im Zusammenhang mit dem vorstehenden Problem zylindrische oder halbzyklindrische Linsen verwendet. Ein solches Vorgehen ist aus folgendem Grund nicht befriedigend. Angenommen, es wird ein Ausgangslaserstrahl mit einem flachen Querschnitt von 0,8 Mikron Stärke und 6 Mikron Breite an eine optische Faser mit einer Lichtfleckgröße bei einer Eigenschwin-

gungsart von 4 Mikron unter Verwendung einer halbzyklindrischen Linse angekuppelt, dann muß die Brennweite der halbzyklindrischen Linse 6 Mikron in Richtung der Querschnittsstärke des Strahles und 109 Mikron in Richtung der Querschnittsbreite betragen. In der Praxis ist es aber kaum durchführbar, eine halbzyklindrische Linse mit einer derart kurzen Brennweite herzustellen.

Nach einem weiteren älteren Vorschlag wird ein lichtbündelnder Übertragungskörper verwendet, der solche Eigenschaften aufweist, daß die Brechwertverteilung in einer Ebene normal zur optischen Achse des Lichtübertragungskörpers durch folgende Gleichung bestimmt ist.

$$n(x) = n_0 \left(1 - \frac{1}{2} ax^2\right) \dots \dots \dots (1)$$

wobei n_0 der Brechwert in der Achse und "A" der Parameter für die Lichtbündelung ist, der den Wert für die Änderung der Brechwertverteilung bestimmt.

Ein Lichtübertragungsmedium der Länge l dient als Linse, wenn die Brennweite fx durch die Gleichung ausgedrückt werden kann

$$fx = 1 / (n_0 \sqrt{a} \sin \sqrt{a} l) \dots \dots \dots (2)$$

Eine derartige Linse besitzt eine lichtbündelnde Funktion in der x-Richtung. Die Entwicklung der Gleichungen (1) und (2) ist in dem Aufsatz von H. Kogelnik in "Bell System Technical Journal" Seiten 455 bis 493, Vol. 44, Nr. 1, März 1965 aufgezeigt.

Theoretisch kann die gewünschte Lichtfleckgröße durch die Verwendung eines lichtbündelnden Übertragungskörpers erreicht werden, in welchem die Änderung in der Brechwertverteilung in zwei Richtungen unterschiedlich ist, die senkrecht zueinander in einer Ebene normal zur Achse des Lichtübertragungskörpers ver-

laufen. Bei einem solchen Körper müßte die Bedingung $a_x = 10.000 \text{ mm}^{-2}$ und $a_y = 35 \text{ mm}^{-2}$ erfüllt sein. Dabei bezeichnen a_x und a_y Lichtbündelungsparameter, die die Änderungen in den Brechwertverteilungen in den Richtungen parallel zur Stärke bzw. Breite des Lichtstrahlenquerschnittes angeben, der auf eine optische Faser auffällt. Obgleich die Bedingung für a_y erreichbar ist, läßt sich die Bedingung für a_x praktisch nicht herstellen. Bisher waren noch keine Techniken anwendbar, um einen Lichtübertragungskörper anzugeben, der den vorstehenden Bedingungen genügt.

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, eine Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung anzugeben, die einen Lichtstrahl mit einem flachen Querschnitt in einen Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt bestimmter Größe bündelt. Dabei soll die Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung insbesondere zum weitgehend verlustlosen Anschluß von Laserlichtstrahlen mit einem flachen Querschnitt, die von einem Halbleiterlaser abgestrahlt werden, an eine optische Faser geeignet sein.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen ersten Lichtübertragungskörper in der Nähe des Ausganges des Halbleiterlasers und einem zweiten Lichtübertragungskörper, dessen optische Achse coaxial zur optischen Achse des ersten Lichtübertragungskörpers liegt, wobei in der Ebene senkrecht zu den optischen Achsen des ersten und zweiten Lichtübertragungskörpers die Brechwertverteilung im wesentlichen proportional im Quadrat zu dem Abstand von der optischen Achse in wenigstens einer von zwei Richtungen (x, y) abnimmt und die Gradienten a_x und a_y für die Brechwertverteilung in dem ersten Lichtübertragungskörper die Bedingung $a_x > a_y$ (wobei $a_y = 0$ sein kann) erfüllen, während die Gradienten a_x und a_y in dem zweiten Lichtübertragungskörper der Bedingung $a_x \leq a_y$ (wobei $a_x = 0$ sein kann) genügen, und der Gradient a_x in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene und der Gradient a_y in Richtung parallel zur p-n-Übergangsebene des Halbleiterlasers verläuft.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

Fig. 1 zeigt in schematischer, perspektivischer Darstellung eine erste Ausführung nach der Erfindung, wobei die Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung aus einem ersten lichtbündelnden Übertragungskörper 2 besteht, der zur Umwandlung eines Ausgangslichtstrahles mit einem flachen Querschnitt eines Halbleiterlasers 1 in einem wärmeabführenden Teil 4 in einen Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt dient und weiter aus einem zweiten lichtbündelnden Übertragungskörper 3 besteht, der zur Umwandlung des Lichtstrahles mit dem kreisrunden Querschnitt in einen Lichtstrahl mit einer bestimmten kleineren Lichtfleckgröße dient. Die beiden lichtbündelnden Übertragungskörper 2 und 3 sind auf einem Trägerteil 5 in Reihe miteinander verbunden, so daß die Achse des Ausgangsstrahles des Halbleiterlasers 1 mit den optischen Achsen der lichtbündelnden Übertragungskörper 2 und 3 zusammenfällt. Das Trägerteil 5 ist an das wärmeabführende Teil 4 gekuppelt.

Der erste Lichtübertragungskörper 2 wird wie folgt hergestellt. Ein Glasstab von 0,3 x 2,1 mm Querschnitt mit der Wirkung einer Linse ist in einem Ionenaustauschverfahren hergestellt worden. (Bezüglich der Ionenaustauschverfahren wird auf die US-Patentschrift 3 657 586 verwiesen.) Gemäß diesem Verfahren kann ein lichtübertragender Körper mit einer gewünschten Linsenfunktion durch die Wahl der Gestalt des Querschnittes des Glasstabes, der Zeit und der Temperatur für den Ionenaustausch gewählt werden. Der in Fig. 1 gezeigte Glasstab wurde zur Bildung des Lichtübertragungskörpers 2 in eine Länge von 2,5 mm geschnitten und derart angeordnet, daß sich seine Höhe bzw. Stärke in der Richtung senkrecht zur Richtung der p-n-Übergangsebene des Halbleiterlasers erstreckt. Damit ist bei dem Lichtübertragungskörper 2 der Wert a_x entsprechend dem Wert "a"

in Gleichung (1) als Maß für die Lichtbündelungswirkung in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene im wesentlichen gleich $4,6 \text{ mm}^{-2}$, und zwar unter der Bedingung, daß der Brechwert n_0 des Glasstabes 1,55 und die Differenz des Brechwertes Δn zwischen Oberfläche und dem Zentrum der Linse 0,08 beträgt. Entsprechend ist der Wert a_y als der Wert "a" in Richtung parallel zu der p-n-Übergangsebene im wesentlichen gleich $0,1 \text{ mm}^{-2}$. Die Brennweite in den beiden Richtungen sind 0,796 mm bzw. 2,87 mm. Die lichtbündelnde Wirkung des Glasstabes war daher in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene größer als in Richtung parallel dazu und ein Ausgangslaserstrahl mit einem flachen Querschnitt, der in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene divergiert, konnte in einen Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt mit einem Radius von etwa 100 Mikron überführt werden. Der zweite Lichtübertragungskörper 3, der aus einem Glasstab mit einer Länge von 3,6 mm und einem Durchmesser von 0,8 mm bestand, wurde einem Ionenaustauschverfahren unterworfen (entsprechend dem britischen Patent 1 266 521). Der Lichtübertragungskörper besaß eine Brechwertverteilung symmetrisch zur Achse, und zwar waren $n_0 = 1,55$, $\Delta n = 0,025$, $a = 0,19 \text{ mm}^{-2}$ und $f = 1,48 \text{ mm}$. Mit dem zweiten Lichtübertragungskörper konnte ein Lichtstrahl mit einem Radius von 100 Mikron in einen Lichtstrahl 6 von einem Radius von etwa 4 Mikron überführt werden.

In Fig. 2 ist in perspektivischer Darstellung eine zweite Ausführung nach der Erfindung schematisch dargestellt. Die Lichtstrahlkupplungsvorrichtung bestehend hierbei aus einem ersten Lichtübertragungskörper 2, der einen Ausgangsstrahl mit einem flachen Querschnitt, abgegeben von einem Halbleiterlaser 1 in einem wärmeabführenden Teil 4, in einen Lichtstrahl mit einem elliptischen Querschnitt überführt und einem zweiten Lichtübertragungskörper 3 der den Lichtstrahl mit dem elliptischen Querschnitt in einen Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt mit einer bestimmten Lichtfleckgröße umwandelt. Diese Licht-

Übertragungskörper 2 und 3 sind in Reihe auf einem Träger-
teil 5 miteinander verbunden, das an das wärmeabführende Teil
angekuppelt ist.

Der erste Lichtübertragungskörper wies 0,5 mm in Richtung senk-
recht zur p-n-Übergangsebene, 1,53 mm in Richtung parallel zur
p-n-Übergangsebene und 1,2 mm in Übertragungsrichtung auf.
In diesem Lichtübertragungskörper war $"a" = 1,7 \text{ mm}^{-2}$ in Rich-
tung senkrecht zur p-n-Übergangsebene und $0,17 \text{ mm}^{-2}$ in Rich-
tung parallel dazu, wobei $n_0 = 1,55$ und $\Delta n = 0,08$ war. Die
Brennweiten in den beiden Richtungen betrugen 0,495 mm bzw.
3,3 mm.

Der Ausgangsstrahl mit einem flachen Querschnitt, abgestrahlt
von dem Halbleiterlaser 1, wurde daher in einen Lichtstrahl
mit einem elliptischen Querschnitt übergeführt, dessen Haupt-
achse 340 Mikron in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene
des Halbleiterlasers 1 und dessen Nebenachse 280 Mikron
parallel zur p-n-Übergangsebene aufwies. Anders gesagt diver-
gierte der Lichtstrahl am Austrittsende des ersten Licht-
übertragungskörpers 2 mit einem Winkel, der in Richtung der
Nebenachse etwas größer war als in Richtung der Hauptachse
und zwar auf Grund der Wirkung der Lichtbrechung. In dem
zweiten Lichtübertragungskörper wird entgegengesetzt zum
ersten Lichtübertragungskörper der Wert der Änderung der
Brechwertverteilung über seinem Querschnitt in Richtung
parallel zur p-n-Übergangsebene größer gewählt als in Rich-
tung senkrecht dazu. Der zweite Lichtübertragungskörper 3
wies 1,4 mm in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene,
0,83 mm in Richtung parallel dazu und 6 mm in Übertragungs-
richtung auf. In dieser Vorrichtung war $"a" = 0,07 \text{ mm}^{-2}$ in Rich-
tung senkrecht zu der p-n-Übergangsebene und $0,17 \text{ mm}^{-2}$ in
Richtung parallel dazu, wobei $n_0 = 1,55$, $\Delta n = 0,025$ betrug
und die Brennweiten in den beiden Richtungen ergaben 2,44 mm
bzw. 2,52 mm. In einem derartigen Lichtübertragungskörper

wurde ein Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt gleich einer Fleckgröße von etwa 4 Mikron erzielt.

Bei der zweiten Ausführung nach der Erfindung läßt sich der erste und zweite Lichtübertragungskörper leicht auf einem Trägerteil 5 anbringen. Dabei wurde eine mechanisch stabile Anordnung dadurch erhalten, daß beide Lichtübertragungskörper einen rechteckigen Querschnitt aufwiesen.

Es ist klar, daß im Rahmen der hier offenbarten Erfindung viele Variationen möglich sind. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, daß, anstelle eines oder beider Lichtübertragungskörper 2 und 3 mit Linsenfunktionen lichtbündelnde Übertragungskörper benutzt werden, die eine Linsenfunktion nur in einer Richtung in der Ebene des Querschnittes senkrecht zur Lichtübertragungsachse aufweisen, d.h., daß sogenannte ein-dimensionale Linsen verwendet werden. In dem ersten Lichtübertragungskörper fällt die Richtung, in der die Linsenfunktion vorhanden ist, mit der Richtung senkrecht zu der p-n-Übergangsebene des Halbleiterlasers zusammen und in dem zweiten Lichtübertragungskörper ist die Linsenfunktion wirksam in Richtung parallel dazu, wobei der Ausgangslaserstrahl in einen Lichtstrahl mit einem kreisrunden Querschnitt überführt wird, der der gewünschten Lichtfleckgröße angepaßt ist.

Gemäß der Erfindung kann ein transparentes Medium, das keine Linsenfunktion aufweist, zwischen dem Halbleiterlaser 1 und dem ersten Lichtübertragungskörper 2 sowie zwischen dem ersten und zweiten Lichtübertragungskörper 2 und 3 angeordnet werden.

Die erfindungsgemäßen Lichtstrahlenkupplungsvorrichtungen wurden vorstehend zur Lichtkupplung an optische Fasern beschrieben. Darüber hinaus kann die erfindungsgemäße Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung in vielfacher Weise verwendet werden. Zum Beispiel erlaubt die Erfindung bei geeigneter Wahl der optischen Kon-

stanten des ersten und zweiten Lichtübertragungskörpers die Abgabe eines Lichtstrahles mit einem großen Querschnitt an die freie Umgebung.

Wie vorstehend beschrieben, ist die Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach der Erfindung in der Lage, einen Ausgangslaserstrahl mit einem flachen Querschnitt in einen Lichtstrahl mit einem runden Querschnitt gleich der gewünschten Fleckgröße zu überführen und die Erfindung macht es daher möglich, die Größe und das Gewicht der Vorrichtung wesentlich zu reduzieren, weil sie nicht auf herkömmliche optische Linsen angewiesen ist. Da außerdem zwei lichtbündelnde Übertragungskörper anstelle von einem Lichtübertragungskörper wie bei den entsprechenden bekannten Vorrichtungen verwendet werden, kann eine starke Lichtbündelung erzielt werden. Außerdem ist die erfindungsgemäße Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung mechanisch besonders stabil und kann mit einem Halbleiterlaser in einer integrierten Einheit verwendet werden, ohne daß dadurch die Vorteile der kleinen Größe und des leichten Gewichtes eines Halbleiterlasers eingebüßt werden.

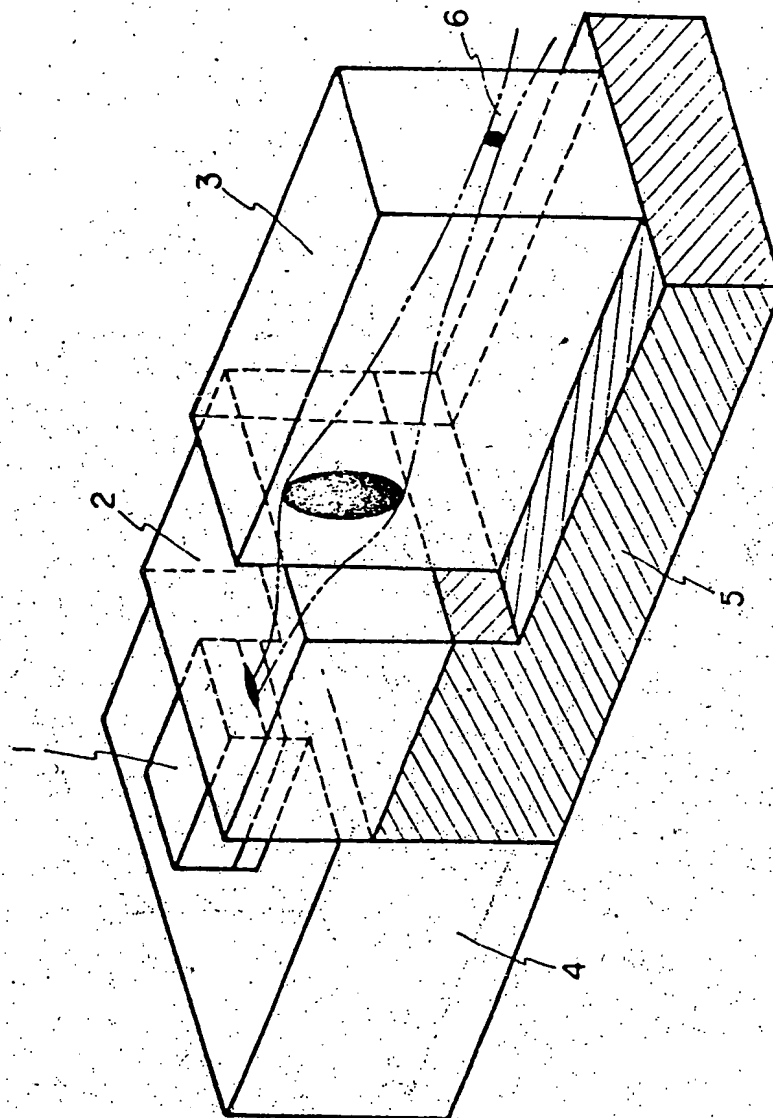
Patentansprüche

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung zur Strahlenbündelung von Laserstrahlen mit flachen Strahlenquerschnitten am Ausgang eines Halbleiterlasers in Laserstrahlen mit einem im wesentlichen kreisrunden Strahlenquerschnitt, gekennzeichnet durch einen ersten Lichtübertragungskörper (2) in der Nähe des Ausganges des Halbleiterlasers (1) und einem zweiten Lichtübertragungskörper (3), dessen optische Achse coaxial zur optischen Achse des ersten Lichtübertragungskörpers liegt, wobei in der Ebene senkrecht zu den optischen Achsen des ersten und zweiten Lichtübertragungskörpers die Brechwertverteilung im wesentlichen proportional im Quadrat zu dem Abstand von der optischen Achse in wenigstens einer von zwei Richtungen (x, y) abnimmt und die Gradienten a_x und a_y für die Brechwertverteilung in dem ersten Lichtübertragungskörper (2) die Bedingung $a_x > a_y$ (wobei $a_y = 0$ sein kann) erfüllen, während die Gradienten a_x und a_y in dem zweiten Lichtübertragungskörper (3) der Bedingung $a_x \leq a_y$ (wobei $a_x = 0$ sein kann) genügen, und der Gradient a_x in Richtung senkrecht zur p-n-Übergangsebene und der Gradient a_y in Richtung parallel zur p-n-Übergangsebene des Halbleiterlasers (1) verläuft.
2. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Lichtübertragungskörper (2) den Laseraustrittsstrahl mit einem flachen Strahlquerschnitt in einen Strahl mit einem kreisrunden oder elliptischen Querschnitt bündelt und der zweite Lichtübertragungskörper (3) den Strahl mit dem elliptischen oder kreisrunden Strahlquerschnitt in einen Strahl mit einem kreisrunden Querschnitt von bestimmter Lichtfleckgröße bündelt.

3. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen dem Ausgang des Halbleiterlasers und dem Eingang einer optischen Faser eingeschaltet ist.
4. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Halbleiterlaser und dem ersten Lichtübertragungskörper und/oder zwischen dem ersten und dem zweiten Lichtübertragungskörper ein transparentes Lichtleitmedium ohne lichtbündelnde Eigenschaften eingeschaltet ist.
5. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide Lichtübertragungskörper aus optischen Fasern mit rechteckigen Querschnitten bestehen.
6. Lichtstrahlenkupplungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Lichtübertragungskörper (2, 3) mit dem Halbleiterlaser (1) eine Baueinheit bilden, wobei das Trägerteil (5) für die beiden Lichtübertragungskörper an das Trägerteil (4) für den Halbleiterlaser anschließt.

Fig. 2

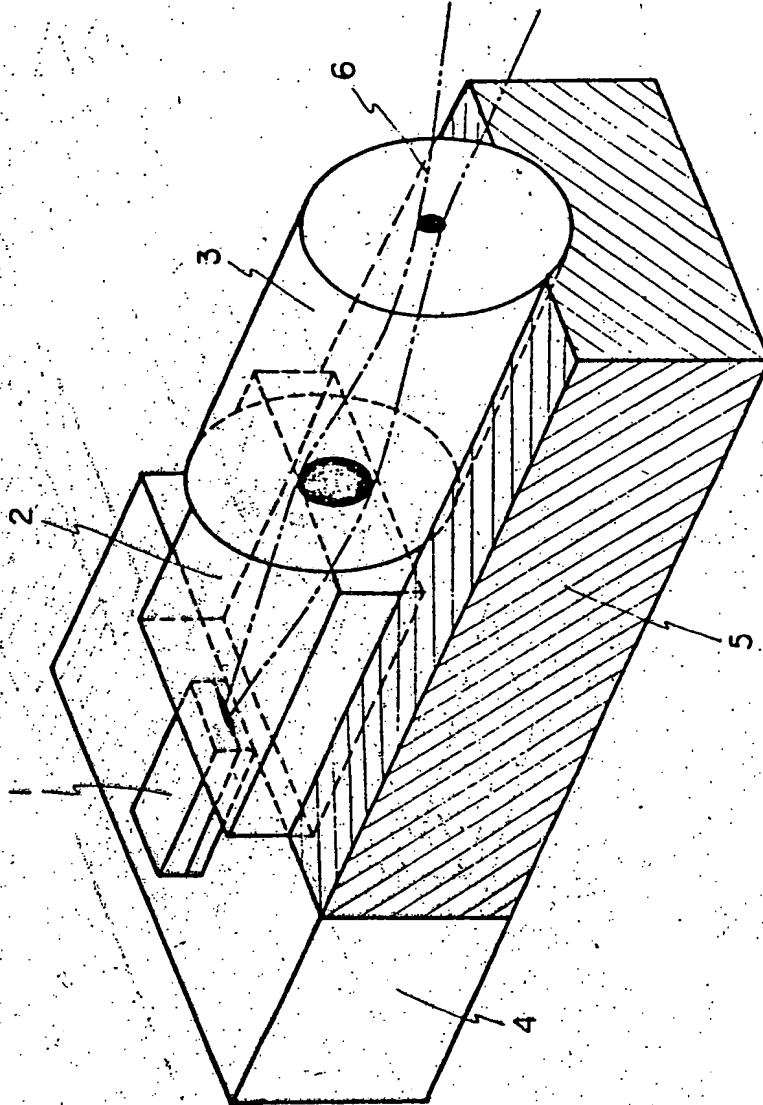


2436908

-73-

G02B 27-00 AT: 31.07.74 OT: 20.02.75

Fig. 1



509808/1011